Диметилсульфид и биологическая жизнь на экзопланетах.

Безверхний Владимир Дмитриевич.

Украина, e-mail: bezvold@ukr.net

Диметилсульфид на Земле выбрасывают в атмосферу только живые организмы. Поэтому, наличие диметилсульфида в атмосфере иногда принимают за маркер биологической жизни на экзопланетах. Давайте обсудим этот вопрос с химической точки зрения.

Химики очень хорошо изучили различные химические процессы и их закономерности. Химическая реакция - это сборка молекул из атомов в соответствие с определенными законами. Причем, эти законы хорошо изучены (реакция похожа на сборку лего).

Конечно, будут открываться новые химические реакции, но для современных химиков химические реакции уже не являются тайной. Очень часто новые реакции интуитивно понятны, хотя встречаются и оригинальные варианты.

Также отметим, что в атмосфере Земли нет метана, а только кислород и азот. Если же на планете в атмосфере есть метан, то наличие серы, практически в любой форме, различными путями может привести к синтезу диметилсульфида.

Диметилсульфид это элементарное соединение (CH_3-S-CH_3). Его синтез в лаборатории возможен очень многими способами. Например, из метилового спирта и сероводорода (катализатор - оксид алюминия).

$$2CH_3\text{-}OH + H_2S = CH_3\text{-}S\text{-}CH_3 + 2H_2O$$

Или из хлористого метила и сульфида калия (то есть, из галогенидов метила и сульфидов металлов):

$$2CH_3\text{-}Cl + K_2S = CH_3\text{-}S\text{-}CH_3 + 2KCl$$

Диметилсульфид также можно получить в лаборатории из метилмеркаптана и галогенидов метана (хлора, брома и т.п.):

$$CH_3\text{-}S\text{-}H + CH_3\text{-}Br = CH_3\text{-}S\text{-}CH_3 + H\text{-}Br$$

Если теоретически рассматривать простейший способ синтеза, то для синтеза диметилсульфида нужна только сера и метан. Так как из метана и обычной серы в определенных условиях вполне возможен синтез диметилсульфида (нужно подобрать условия, то есть, температуру, давление, катализатор, так как алканы довольно инертны).

$$2CH_4 + S = CH_3\text{-}S\text{-}CH_3 + H_2$$

Но, еще раз подчеркну - это принципиально возможно (атомов и функциональных групп достаточно), а учитывая разнообразие условий на планетах такой синтез вполне реален. Водород очень активный, и он может далее реагировать с различными веществами, или улетучится из атмосферы планеты, если планета обладает недостаточной гравитацией.

Самый простой способ проверки - это смешать метан и серу и нагреть до высокой температуры (лучше в присутствии катализатора имеющего активированную поверхность, например, определенные минералы и т.п.).

Можно также наполнить колбу метаном, добавить свободной серы, и начать пропускать электрический разряд через такую колбу. Лучше, чтобы сера каким-то образом равномерно распределялась в атмосфере метана, то есть, чтобы было перемешивание, или вращение колбы. В данных условиях синтез диметилсульфида сводится к подбору необходимых условий реакции.

Метан под воздействием излучения или высокой температуры (в атмосфере планеты, молнии, лава вулканов и т.п.) будет образовывать метильный радикал (свободный радикал изобразим "-"):

$$CH_4 = CH_3\text{-} + H\text{-}$$

Далее, при наличии серы (свободная сера или связанная сера, например серосодержащие минералы, или активные вулканы и т.п.), различные механизмы реакции приведут к диметилсульфиду.

Например, допустим, под воздействием температуры или электрического разряда происходит гомолитический разрыв С-Н связи в молекуле метана, в результате образуется метильный радикал, который далее по радикальному механизму приведет к синтезу диметилсульфида.

Вот примерный механизм:

$$CH_3\text{-} + S = CH_3\text{-}S\text{-}$$

$$CH_3\text{-}S\text{-} + CH_3\text{-} = CH_3\text{-}S\text{-}CH_3$$

Если такая реакция произойдет, то будет образовываться смесь веществ (метилмеркаптан (CH_3-SH), сероводород (H_2S), диметилдисульфид (CH_3-S-S-CH_3) и т.п.; в органических реакциях, как правило, образуется смесь веществ, и поэтому подбираются условия, которые максимизируют образование необходимых продуктов).

Вышеуказанную реакцию в лаборатории легко проверить. Кроме того, есть еще различные ионные механизмы, которые могут привести к синтезу диметилсульфида из метана и серы, а это принципиально изменит условия реакции и исходные вещества.

Атом серы обладает большой нуклеофильностью, поэтому, при образовании метил-катиона (CH3+) из метана (при высокой температуре, электрическом разряде, в присутствии катализатора и т.п.)

образование связи C-S происходит очень легко. Более того, атака метил-катиона будет успешной и по атому серы, который находится в связанном виде (различные серосодержащие минералы). Следовательно, вариантов синтеза диметилсульфида очень много, и эти реакции не будут иметь никакого отношения к биологической жизни (хотя некоторые организмы действительно могут сами синтезировать диметилсульфид).

Приведу еще несколько примеров.

Теоретически возможен синтез диметилсульфида из метилмеркаптана и метилового спирта (при определенных условиях):

$$CH_3\text{-}S\text{-}H + CH_3\text{-}OH = CH_3\text{-}S\text{-}CH_3 + H_2O$$

Также теоретически возможен синтез диметилсульфида из метилмеркаптана и даже метана:

$$CH_3\text{-}S\text{-}H + CH_4 = CH_3\text{-}S\text{-}CH_3 + H_2$$

При определенных условиях разложение метилмеркаптана также приведет к образованию диметилсульфида:

$$2CH_3\text{-}S\text{-}H = CH_3\text{-}S\text{-}CH_3 + H_2S$$

В общем, вариантов синтеза диметилсульфида действительно много.

В конце отмечу, что наличие диметилсульфида в приличных количествах в атмосфере экзопланет означает только, что и метан, и сера (в любом виде) присутствуют на планете в приличных количествах. Или имеет место активная вулканическая деятельность (при извержении вулканов, вулканические газы часто содержат свободную и связанную серу, метан и другие газы).

Следовательно, ни о какой биологической жизни на такой планете не может быть и речи (так как в атмосфере есть метан).

А это значит, что диметилсульфид не может быть маркером биологической жизни на экзопланетах.